

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ОБРАБОТКА ЖРО В ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ В ВИДЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ГОРЮЧИХ КОМПОЗИЦИЙ

Каренгин А.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: karenginaa@tpu.ru

Одной из острых проблем предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) является обращение с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО). За время многолетней работы предприятий ЯТЦ накоплены миллионы тонн водно-солевых отходов (ВСО) низкой и средней активности (азотнокислые экстракционные рафинаты, аммиачно-хлоридные маточные растворы, аммиачные маточные растворы и др.), которые после выпаривания и проковки направляют на цементирование или битумизацию и далее на длительное хранение или захоронение. К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, значительные энерго- и трудозатраты.

Для обработки ВСО перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Плазменная обработка диспергированных водных растворов солей или суспензий гидроксидов металлов является одностадийным, гибким и наиболее универсальным методом, основными достоинствами которого являются: высокая скорость процесса, большое число каналов воздействия на физико-химические свойства целевых продуктов, возможность синтеза сложных оксидных соединений, а также высокая химическая активность получаемых целевых продуктов. Однако плазменная обработка диспергированных водно-солевых растворов требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т).

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при совместной обработке горючих и негорючих отходов в воздушно-плазменном потоке в виде оптимальных по составу диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК), обеспечивающих их энергоэффективную обработку.

По результатам расчетов показателей горючести различных водно-солеорганических композиций («ВСО–ацетон», «ВСО–этанол» и др., обладающих высокой взаимной растворимостью) определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_{\text{н}}^{\text{P}} \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{\text{ад}} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат электрической энергии на плазменную обработку отходов (до 0,1 МВт·ч/т), но и дополнительное получение тепловой энергии (до 2,0 МВт·ч/т) для технологических и бытовых нужд.

В результате термодинамических расчетов процесса плазменной обработки ВСОК установлены основные закономерности влияния исходного состава этих композиций и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя на равновесные составы образующихся газообразных и твердых продуктов и определены режимы для практической реализации процесса, обеспечивающие экологически безопасную плазменную обработку отходов в воздушной плазме.

По результатам численных расчетов кинетики плазменной обработки диспергированных ВСОК в воздушно-плазменном потоке установлены основные закономерности влияния начальных параметров потока (температура, скорость), капель (размер, скорость), их массового отношения на параметры высокотемпературного двухфазного течения с фазовыми переходами и предложена модель реактора для их эффективной плазменной обработки.

С учетом полученных результатов разработан реактор на базе ВЧФ-плазмотрона в составе плазменного стенда «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01» (рабочая частота 13,56 МГц, колебательная мощность до 60 кВт), проведены исследования и экспериментально подтверждена возможность энергоэффективной плазменной обработки водно-солевых отходов в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных горючих композиций.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии и оборудования для энергоэффективной плазменной обработки ЖРО в виде горючих и негорючих отходов, образующихся на предприятиях ядерного топливного цикла.